

T S4/9/1

4/9/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013950557 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2001-434771/200147

XRPX Acc No: N01-322260

**Micro-actuator for supporting hard disc reading head includes elastomer material with embedded electrodes causing deformation to move head**  
Patent Assignee: INFORMATION TECHNOLOGY DEV EURL (INFO-N); LAZZARI J M (LAZZ-I)

Inventor: LAZZARI J M; LAZZARI J P

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
FR 2793937	A1	20001124	FR 996430	A	19990518	200147 B

Priority Applications (No Type Date): FR 996430 A 19990518

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
FR 2793937	A1		21	G11B-005/54	

Abstract (Basic): FR 2793937 A1

NOVELTY - The system uses electrostatic force to provide very small movements to enable the head to follow narrow tracks.

DETAILED DESCRIPTION - The micro-actuator is made of a material which can be deformed in one direction in either a linear or a rotary sense. The deformation occurs between two surfaces, the first (402) being in contact with the suspension and the second (401) being in contact with the head. The deformation is caused electrostatically by sets of parallel plane electrodes lying within the material. Application of a varying charge to these electrode plates leads to a correspondingly varying deformation of the material. The deformable material of the device may be an elastomer such as rubber, latex or silicone having a Young's modulus between 0.1 and 100 MPa. The capacitance of the electrostatic motor formed by the device is of the order of tens or hundreds of pico-farads.

USE - Supporting head used for reading tracks of magnetic hard disc.

ADVANTAGE - Enables accurate following of narrow tracks formed with radial concentration of more than 1000 tracks per millimetre.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The diagram shows a cross-section through the actuator.

pp; 21 DwgNo 4A/11

Title Terms: MICRO; ACTUATE; SUPPORT; HARD; DISC; READ; HEAD; ELASTOMER; MATERIAL; EMBED; ELECTRODE; CAUSE; DEFORM; MOVE; HEAD

Derwent Class: T03; V06

International Patent Class (Main): G11B-005/54

International Patent Class (Additional): G11B-005/82

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): T03-A05A1A; T03-A08A1C; T03-N01; V06-M06F; V06-U04A  
?

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 793 937**

②1 N° d'enregistrement national : **99 06430**

⑤1 Int Cl<sup>7</sup> : G 11 B 5/54, G 11 B 5/82

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 18.05.99.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 24.11.00 Bulletin 00/47.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : INFORMATION TECHNOLOGY  
DEVELOPMENT Entreprise unipersonnelle à responsa-  
bilité limitée — FR et LAZZARI JEAN MARC — FR.

⑦2 Inventeur(s) : LAZZARI JEAN PIERRE et LAZZARI  
JEAN MARC.

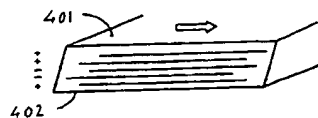
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 MICRO-ACTIONNEUR DEFORMABLE POUR MEMOIRE A DISQUES A MOTEUR ELECTROSTATIQUE.

⑤7 Micro-actionneur déformable à moteur électrostatique  
pour mémoire à disque. Le micro-actionneur situé entre la  
tête et la suspension, est réalisé en un matériau qui se dé-  
forme selon une direction, pour créer un mouvement linéai-  
re, ou rotatif entre la surface (402) en contact avec la  
suspension, et la surface (401) qui supporte la tête. Le mo-  
teur électrostatique est constitué d'électrodes planes, paral-  
lèles à la surface (401), et décalées d'un niveau  
d'électrodes à l'autre.

Application au suivi de pistes étroites pour mémoire à  
disques durs.



FR 2 793 937 - A1



## **MICRO-ACTIONEUR DEFORMABLE POUR MEMOIRE A DISQUES A MOTEUR ELECTROSTATIQUE .**

### **DESCRIPTION**

5

#### **Domaine technique**

La présente invention a pour objet un micro-actionneur permettant le suivi des pistes de petites dimensions enregistrées sur un disque dur. Elle trouve des applications dans le domaine des mémoires à disques durs, pour le stockage de masse d'informations.

10

#### **Etat de l'art antérieure**

15

Une mémoire à disque dur montrée schématiquement sur la figure 1 comprend essentiellement un ou plusieurs disques (100) revêtus d'une couche d'enregistrement support d'informations. La ou les têtes magnétiques d'écriture et de lecture (103) sont maintenues en position par une suspension (102). Cette suspension est montée sur un actuateur électromagnétique (101), qui par rotation positionne la tête (103) sur la piste magnétique (104) qui sera lue, ou enregistrée. La piste (104) comporte des zones portant des informations particulières destinées à fournir à la tête des signaux qui après traitement seront envoyés à l'actuateur (101) afin de centrer en permanence la tête sur la piste (104).

20

D'une façon générale, les besoins de l'informatique font que les capacités des mémoires à disques doublent en moyenne tous les 18 mois. Pour suivre cette forte croissance, il faut augmenter à la fois le nombre de bits d'informations le long de la piste ce que l'homme de l'art appelle la densité linéique, et à la fois augmenter le nombre de pistes, ce que l'homme de l'art appelle la densité radiale.

25

30

Il est admis que les actuateurs ne permettront pas d'atteindre une densité radiale supérieure à 1000 pistes par millimètre. Il devient donc indispensable d'adjoindre à l'actuateur d'aujourd'hui, un autre actuateur, permettant un très faible déplacement de la tête, mais avec une grande

précision, et une grande rapidité. C'est la raison pour laquelle il faut développer un micro-actionneur, comme montré sur la figure 2 .

Plusieurs solutions ont été proposées pour réaliser ces micro-actionneurs. Celles qui paraissent les plus prometteuses, consistent à placer le micro-actionneur (200) entre la tête (103) et la suspension (102), comme le montre la figure 2. Le micro-actionneur (200) est réalisé par les technologies souvent appelées « MEM » qui en terme anglo-saxon sont les initiales de Micro Electronic Machining, c'est à dire des technologies semblables à celles de circuit intégrés. La figure 3 montre le schéma d'un micro-actionneur selon l'art antérieur. On trouve la partie mobile (300) qui se déplace dans la direction des flèches (305). Cette partie mobile est maintenue par des poutres (301) qui forment un parallélogramme déformable, relié à l'autre extrémité à une partie fixe (302). Ces poutres ont une épaisseur de 30 à 40  $\mu\text{m}$  , et une largeur de 4 à 5  $\mu\text{m}$ . Elles sont en silicium polycristallin, ou parfois en nickel électrolysé. Attachés à la partie mobile (300), on trouve une série de peignes (303), entrelacés avec une autre série de peignes (304) reliés à la partie fixe (302) . La séparation entre les peignes est de l'ordre de 3  $\mu\text{m}$ . En appliquant une tension de l'ordre de 80 volts, entre les peignes, par attraction ou répulsion électrostatique, les peignes se rapprochent ou s'éloignent l'un de l'autre. On peut donc obtenir une excursion de la partie mobile du micro-actionneur de plus ou moins 1,5  $\mu\text{m}$ . Les poutres (301) présentent une faible flexibilité dans la direction des flèches (305), et une plus grande rigidité perpendiculairement au plan de la figure 3. Toutes les formes et structures du micro-actionneur sont réalisées par les techniques MEM, proches de celles de la microélectronique. Il faut noter que l'on trouve des micro-actionneurs à déplacement rectiligne ou d'autres micro-actionneur à déplacements rotatifs. Un exemple de ces dispositifs est décrit dans la publication « Magnetic Recording Head Positioning at Very High Track Densities Using a Microactuator-Based Two-Stage Servo System » par L.S Fan, H.H Ottesen, T.C Reilley et R.W.Wood, IEEE Trans on Industrial Electronics, vol. 42, 3,pp. 222-223, June 1995.

D'autres techniques utilisant la déformation de quartz piézo-électrique, ont été proposées.

Bien que donnant satisfaction à certains égards, les micro-actionneurs, selon les structures décrites par la figure 3, présentent de nombreux défauts :

5 La force d'attraction entre les peignes est directement liée à la capacité entre les peignes. Malgré des formes en créneaux qui permettent d'augmenter les surfaces en regard de ces peignes, la capacité ainsi formée est de 2 à 3 picofarads. L'énergie développées par ces micro-actionneurs est donc très faible. Des peignes semblables à ceux des micro-actionneurs sont également utilisés pour réaliser des accéléromètres. Dans  
10 ce cas, les peignes sont protégés par un chapeau étanche, qui évite que des poussières, des particules, de l'humidité, puissent s'intercaler entre les peignes, pouvant perturber, ou même bloquer leur mouvement. Dans le cas des micro-actionneurs pour mémoire à disque, la partie mobile du micro-actionneur supporte la tête. Il est donc impossible d'étanchéifier les  
15 espaces entre les peignes pour éviter les agressions extérieures. On trouve ce problème à deux niveaux :

--- Toutes les opérations de montage du micro-actionneur sur la suspension, et de la tête sur le micro-actionneur, nécessitant des manipulations sont très risquées à cause de la fragilité des micro-  
20 actionneurs. Par exemple, la soudure des plots de sortie de la tête est très délicate, car c'est un procédé ultrasonique qui est souvent utilisé. Cette technique est incompatible avec la fragilité du micro-actionneur, qui serait irrémédiablement détruit par l'énergie ultra-sonique. Avant d'être monté dans la mémoire à disque, l'ensemble suspension, micro-actionneur, tête  
25 d'écriture/lecture, subit de nombreux nettoyages, qui sont autant de cause de destruction du micro-actionneur, car si un liquide s'infiltré entre les peignes, il est très difficile de l'en extraire. Ainsi, on peut dire que ces micro-actionneurs, sont difficilement compatibles avec les procédés  
30 d'assemblage utilisés actuellement dans l'industrie.

--- Le risque est tout aussi grand, lorsque le micro-actionneur supportant la tête est en fonctionnement à l'intérieur de la mémoire à disque. La tête vole à quelques dizaines de nanomètres au dessus du disque. A l'arrière de la tête on trouve au cours du temps des accumulations de fines particules, issues des atterrissages et décollages de la tête. Ces particules ne gênent pas le vol de la tête. Par contre, les

mêmes particules, peuvent pénétrer entre les peignes du micro-actionneur qui sont situés juste sous la tête, et bloquer son fonctionnement. Par ailleurs, la mémoire à disque est parfois soumise à des chocs accidentels. Selon les normalisations internationales, une mémoire à disque doit  
5 pouvoir accepter des chocs supérieurs à 500 g. L'énergie du choc se transmet du disque vers la tête. Cette dernière décolle du disque, puis est rabattue avec violence par la suspension sur le disque. Le micro-actionneur risquerait d'être gravement endommagé.

Bien que donnant satisfaction à certains égards, les micro-  
10 actionneurs utilisant la déformation de cristaux piézo-électriques présentent néanmoins de nombreux défauts. Pour obtenir un bon rendement, le cristal doit être taillé dans un bloc massif, car les effets piézo-électriques en couche mince ne sont pas suffisamment efficaces pour être utilisés dans cette application. Ceci impose donc des assemblages mécaniques  
15 minutieux complexes et coûteux. Pour obtenir une déformation suffisante, il faut appliquer au cristal une tension importante. Enfin, le cristal présente des effets non contrôlables de fatigue, et d'hystérésis.

La présente invention a justement pour but de remédier à ces  
20 inconvénients.

### Exposé de l'invention

A cette fin, l'invention propose un micro-actionneur constitué d'électrodes planes formant un condensateur, les électrode étant  
25 maintenue par un matériau déformable, constituant le corps du micro-actionneur. Les électrodes sont décalées les unes des autres. En appliquant une tension entre les électrodes, en s'attirant ou se repoussant, elles se déplacent par déformation du matériau déformable qui les relie entre elles. Les électrodes forment ainsi un moteur électrostatique. De par sa forme,  
30 le matériau déformable, présente une grande flexibilité dans la direction de déplacement, et une forte rigidité perpendiculairement au plan du micro-actionneur, ce qui lui permet d'encaisser des chocs, et même de les amortir. Selon l'invention, le micro-actionneur est très robuste, il est insensible aux particules, ou aux liquides. Les électrodes sont totalement isolées de l'extérieur. Il fonctionne avec des tensions inférieures à 100 Volts. Il ne présente pas de fatigue ni d'hystérésis. Il est parfaitement

compatible avec les procédés actuellement utilisés dans l'industrie pour l'assemblage des têtes sur leur suspension. Il ne présente aucun risque à l'intérieur de la mémoire à disque face à l'accumulation de particules. Vu de l'extérieur, il se présente sous la forme d'un volume homogène, qui se déforme en fonction des forces générées par le moteur électrostatique.

De façon plus précise, la présente invention a pour objet, un micro-actionneur pour mémoire à disque, constitué d'une ensemble d'électrodes planes décalées les unes des autres, et enrobées dans un élastomère, comme du caoutchouc du latex, ou du silicone, formant un moteur électrostatique. La forme des électrodes, leur positionnement, déterminent un condensateur variable qui sous l'influence d'une tension appliquée entre les électrodes, génère des forces qui déplacent les électrodes les unes par rapport aux autres, dans une direction déterminée. Le matériau déformable subit une déformation de cisaillement entre les électrodes. Chaque plan d'électrodes se déplaçant par rapport à celui située dans le plan inférieur, la surface supérieure du micro-actionneur présente un déplacement dans une direction, égal à la somme des déplacements individuels de chaque plan d'électrodes, par rapport à la surface inférieure du micro-actionneur. La surface inférieure du micro-actionneur est collée sur la suspension, la surface supérieure du micro-actionneur supporte la tête. La déformation du matériau déformable entre chaque niveau d'électrode, est très petite par rapport à son épaisseur, ce qui n'engendre aucune hystérésis, ni de fatigue. Le micro-actionneur, selon l'invention, présente une capacité 10 à 100 fois supérieure à celle des micro-actionneurs selon l'état de l'art. L'énergie disponible est donc beaucoup plus importante. Selon un mode préféré de l'invention, le matériau déformable entre chaque électrode a une forme optimisée, afin qu'il offre une faible résistance à la déformation, dans la direction du déplacement. Selon un autre mode préféré de l'invention, les électrodes sont encapsulées dans des couches diélectriques formant des niveaux d'électrodes qui sont séparés par des piliers constitués de matériau déformable ces piliers ayant une forme optimisée pour obtenir un déplacement maximum. L'ensemble est étanche par rapport à l'extérieur.

Le micro-actionneur selon l'une quelconque des structures décrites précédemment, présente une grande rigidité perpendiculairement au plan

des électrodes. En cas de choc, le matériau déformable de par son élasticité, absorbera le choc, évitant par la même une détérioration de la tête, du micro-actionneur lui même, ou de la surface du disque.

5 Selon l'invention, le déplacement de la surface supérieure du micro-actionneur par rapport à sa surface inférieure, peut-être rectiligne, ou rotatif.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention, ressortiront mieux de la description qui va suivre, donnée à titre illustratif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés.

#### **Breve description des dessins.**

- ♦ les figures 1, déjà décrite, montre le schéma d'une mémoire à disques
- 15 ♦ la figure 2 , déjà décrite, montre la position du micro-actionneur, entre la tête et la suspension.
- ♦ la figure 3 déjà décrite, montre la structure d'un micro-actionneur selon l'art antérieur.
- ♦ les figures 4 A, 4B, 4C, montrent une structure d'un micro-actionneur selon l'invention, ainsi que les déplacements selon la polarité des électrodes.
- 20 ♦ les figure 5A, 5B, 5C, montrent un premier mode de réalisation
- ♦ la figure 6 montre un second mode de réalisation de micro-actionneur selon l'invention
- 25 ♦ la figure 7 montre un autre arrangement des électrodes
- ♦ la figure 8 montre troisième mode de réalisation du micro-actionneur selon l'invention.
- ♦ la figure 9 montre la coupe d'un substrat intermédiaire utilisé dans un procédé pour la réalisation du troisième mode du micro-actionneur selon l'invention.
- 30 ♦ la figure 10 montre les électrodes d'un micro-actionneur rotatif selon l'invention
- ♦ la figure 11 montre les poutres verticales déformables du micro-actionneur rotatif selon l'invention.



### Exposé détaillé de modes de réalisation

La figure 4A montre un premier mode de réalisation du micro-actionneur selon l'invention. Le micro-actionneur (200) selon ce premier mode de l'invention, se présente sous la forme d'un parallélépipède plat. Sa largeur et sa longueur sont sensiblement égales à celles de la tête (103) de la figure 2, qui sera collée sur sa surface supérieure (401), tandis que sa surface inférieure (402) sera collée sur la suspension (102) de la figure 2. L'épaisseur du micro-actionneur (200) est de l'ordre de 30µm à 100µm. Le micro-actionneur (200) apparaît de l'extérieur, comme un bloc de matériau homogène, déformable, constitué d'une élastomère, comme du caoutchouc, du latex, ou du silicone, donné à titre d'exemple non limitatif. L'élasticité d'un matériau se définit par son module d'Young. Le nickel par exemple a un module d'Young de 200 Giga Pascal (200GPa). Le silicium supérieur à 100GPa. Les élastomères déformables (404) selon l'invention, présentent un module d'Young compris entre 0,1 Méga Pascal (0,1MPa), et 100 MPa. Le latex par exemple a un module d'Young de 0,4MPa. A l'intérieur du micro-actionneur, on trouve un ensemble d'électrodes (403) décalées les unes des autres, selon des plans empilés, et reliées à un générateur de tension. Si deux électrodes dans des plans adjacents ont une polarité opposée, elles s'attireront. Si elles ont une polarité de même signe elles se repousseront. Ces électrodes forment un moteur électrostatique, qui génère des forces de cisaillement entre chaque plan d'électrode. Le moteur électrostatique constitue par les électrodes précédemment décrites, un condensateur variable. La mesure de la capacité de ce condensateur qui est directement liée au déplacement, permet de mesurer ce déplacement, et d'utiliser cette mesure dans une boucle d'asservissement.

La figure 4B montre le déplacement uniaxial vers la droite, de la surface supérieure (401) par rapport à la surface inférieure (402) selon les polarités des électrodes.

La figure 4C montre le déplacement uniaxial vers la gauche de la surface supérieure (401) par rapport à la surface inférieure (402) selon une autre polarité des électrodes.

Le déplacement relatif des deux surfaces supérieure et inférieure, est de l'ordre de plus ou moins un à deux microns. Si l'épaisseur du

micro-actionneur est de 50  $\mu\text{m}$ , la déformation du matériau constituant le micro-actionneur, ne sera que de quelques pour-cent. Les matériaux déformables selon l'invention peuvent accepter des déformations élastiques de l'ordre de 700 pour-cent. Les déformations du micro-  
5 actionneur selon l'invention, sont tellement petites par rapport à ce que le matériau pourrait encaisser, qu'elles ne s'accompagnent ni d'hystérésis, ni de fatigue.

Le déplacement de chaque plan électrode se faisant par rapport à son voisin inférieur, le déplacement de la surface supérieure (401) du  
10 micro-actionneur, par rapport à la surface inférieure (402), est le cumul des déplacements individuels entre chaque plan d'électrodes.

Le micro-actionneur (200) selon l'invention, apparaît comme un ensemble homogène, sans micro-cavités, comme l'espace étroit entre  
15 peignes des micro-actionneurs selon l'art antérieur. Il est inerte chimiquement, notamment aux agents liquides de nettoyage. Il est très robuste mécaniquement, surtout dans les directions perpendiculaires au plan des surfaces (401) et (402). Comme il est constitué de matériau déformable, et comme il est situé entre la suspension et la tête, il constitue  
20 un parfait amortisseur de chocs.

Dans un premier mode de réalisation, sur un substrat (500) de la figure 5A, qui peut avantageusement être une tranche de silicium, comme utilisé dans le domaine de la microélectronique, on dépose une première  
25 couche (501) dite « sacrificielle », c'est à dire que l'on éliminera par la suite. Cette couche peut-être de la résine, ou un polymère qui se dissout dans des solvants spécifiques, connus de l'homme de l'art. La couche sacrificielle peut avoir une épaisseur de quelques microns. Sur cette couche sacrificielle, on dépose une couche diélectrique (502) comme du  $\text{SiO}_2$  par exemple selon des procédés à basse température, comme le  
30 CVD soit en terme anglo-saxon « Chemical Vapor Deposition », procédé connu de l'homme de l'art. La couche de  $\text{SiO}_2$  peut avoir une épaisseur de l'ordre de quelques microns. Sur cette couche de  $\text{SiO}_2$ , on dépose une couche conductrice qui après photolithographie et gravure, techniques connues des procédés de la microélectronique, constituera la première électrode (507) et en même temps, un plot de connexion (503) de l'électrode supérieure à un plot de sortie du micro-actionneur. On dépose

ensuite la première couche (504) de matériau déformable, comme du caoutchouc du silicone, ou du latex. Ces matériaux, se présentent sous la forme soit liquide, soit pâteuses, et se polymérisent par ajout d'un liquide de polymérisation, associé à une température de l'ordre de 50°C. La  
5 couche (504) peut-être déposée soit à la raclette, soit par lithographie au travers d'un pochoir, soit par centrifugation. L'épaisseur de la couche (504) est comprise entre 0,5  $\mu\text{m}$  et quelques microns. Dans cette couche, un trou (506) est réalisé, afin d'ouvrir le plot de contact (503). Ce trou peut être fait lors du couchage de la couche (504), ou après son couchage,  
10 par les techniques de photolithographie et de gravure. Sur la couche (504) ainsi formée, on dépose une seconde électrode conductrice (505) par pulvérisation cathodique par exemple, ou toute autre méthode connue de l'homme de l'art. La couche (505), comme la première électrode (507) peut être en aluminium, cuivre, nickel, ou tout autre matériau conducteur.  
15 La couche (505) vient en contact avec la couche (503) au travers du trou (506). L'épaisseur de la couche (505) est comprise entre 500 Å et quelques microns. On répète ensuite les mêmes opérations de dépôt de couche déformable, d'ouverture de contact, de dépôt de couche conductrice, etc... afin de faire un empilement d'une dizaine de couches  
20 conductrices. Une fois l'ensemble des dépôts réalisés, à l'aide des techniques de la lithographie et de gravure, on grave l'ensemble des couches déformables, autour des couches conductrices, pour réaliser un grand nombre de micro-actionneurs sur le substrat (500). Les couches déformables se gravant dans une plasma d'oxygène, bien connu de  
25 l'homme de l'art. Le plasma d'oxygène va s'arrêter sur la couche de SiO<sub>2</sub> (502), que l'on gravera par gravure ionique réactive, connue de l'homme de l'art. Enfin, par dissolution de la couche sacrificielle (501) par les solvants appropriés, on décollera chaque micro-actionneur du substrat (500).

30 Si l'on considère le silicone comme couche déformable, ce matériau présente une constante diélectrique de 3,2. Le Néoprène par exemple a une constante diélectrique de 6,6, et le caoutchouc de 2,42. Si l'on considère un micro-actionneur, devant supporter une tête de format dit « Pico » selon les standards internationaux, la surface (401) ou (402) du micro-actionneur sera de 1mm x 1,25mm, soit 1,25 mm<sup>2</sup>. En prenant des

couches de 2  $\mu\text{m}$  de silicone, alors la capacité du micro-actionneur sera pour une dizaine de couches de 250 pF, soit environ 100 fois plus grande que celle des micro-actionneurs selon l'art antérieur.

5 La figure 6 montre un second mode de réalisation optimisé de micro-actionneur selon l'invention. Afin de réduire le moment d'inertie mécanique dans la direction de déplacement (601), de la surface (401) sur laquelle la tête sera collée, par rapport à la surface (402) collée sur la suspension, on réalise des poutres verticales (600) reliant les surfaces (401) et (402) dont la largeur (L) est petite devant leur hauteur (H). Si par 10 exemple la hauteur (H) est égale à 50  $\mu\text{m}$ ; la largeur (L) sera égale par exemple à 15  $\mu\text{m}$ . A l'intérieur de chaque poutre, et sur toute leur longueur, on trouve les mêmes dispositions d'électrodes, comme décrit dans le paragraphe précédent. Ce second mode de réalisation optimisé de micro-actionneur selon l'invention, offre les mêmes avantages que le 15 premier, mais pour la même tension d'alimentation, produit un déplacement beaucoup plus grand que le premier mode de réalisation. Selon ce second mode de réalisation, la tête (103) est directement collée sur les surfaces supérieures des poutres verticales (600). Le nombre de poutres verticales (600) au minimum de 2 pour assurer une bonne stabilité 20 de la tête, est variable, selon les critères de tenue de la tête (103), l'amplitude du déplacement (601), la tension d'alimentation du micro-actionneur. L'espacement entre chaque poutre verticale (600) est très grand, de l'ordre d'une centaine de microns, et ne constituent pas comme les espaces réduits (quelques microns) entre peignes selon l'art antérieur, 25 un risque de blocage par des particules.

Les procédés de réalisation d'un micro-actionneur selon le second mode, sont les mêmes que ceux du premier mode. Les niveaux d'électrodes sont réalisés en même temps, comme s'il n'y avait pas de 30 poutre. Puis, la séparation des poutres (600) est réalisée à la fin par gravure du matériau déformable, entre les empilements d'électrodes.

La figure 7 montre un arrangement préféré des électrodes constituant le moteur électrostatique. Au lieu d'avoir une électrode par niveau, on trouve à chaque niveau, un ensemble d'électrodes coplanaires (701, 702, etc...), de polarité opposées. Selon les polarités des électrodes de niveau supérieur, il apparaît soit des forces d'attraction, si les polarités

d'un niveau à l'autre sont de signe contraire, soit des forces de répulsion, si les polarités d'un niveau à l'autre sont de signe identique. Les flèches (703) montrent la direction des forces dans l'exemple de la figure 7. Les déplacements (704) de chaque niveau sont tous dirigés dans la même direction. Cet arrangement préféré améliore le rendement du micro-actionneur.

La figure 8 montre un troisième mode de réalisation selon l'invention du micro-actionneur. On utilise le même procédé que le premier mode, jusqu'à la réalisation de la couche diélectrique (502). Dans ce troisième mode, la couche diélectrique (502) sera de préférence un nitrure de silicium. Sur cette couche, on dépose le premier étage d'électrodes (701, 702) constituant le moteur électrostatique, comme celles décrites par la figure 7, ou simplement des électrodes (403) comme celles décrites par la figure 4A. On dépose ensuite sur ces électrodes une couche diélectrique (800) qui de préférence est constituée de nitrure de silicium. Sur cette couche isolante (800), on dépose, selon les procédés précédemment décrits, une couche de matériau déformable, d'épaisseur comprise entre 1  $\mu\text{m}$  et quelques microns. Après une photolithographie, suivie d'une gravure, ou directement par lithographie au travers d'un pochoir, on réalise des poutres verticales (801) de faible largeur par rapport à leur hauteur. Par exemple, si leur hauteur est de 5  $\mu\text{m}$ , leur largeur sera de l'ordre de 1,5  $\mu\text{m}$ . Le nombre et la position de chaque poutre sont optimisés afin d'assurer à la fois un déplacement maximum, et à la fois une bonne tenue de la tête. Sur un autre substrat, séparé, (900), comme montré sur la figure 9, qui peut avantageusement être une autre tranche de silicium, on dépose une première couche sacrificielle de  $\text{SiO}_2$  (901). Cette couche sera par la suite gravée sélectivement par rapport aux autres couches diélectriques (502) et (800) comme décrit précédemment, lorsque les deux substrats seront assemblés. Sur cette couche de  $\text{SiO}_2$ , du second substrat, on dépose une première couche de nitrure, puis la couche conductrice dans laquelle on va graver un niveau d'électrodes (701), (702). On recouvre ce niveau d'électrodes par une seconde couche de nitrure (800), tout en réservant des emplacements pour les interconnexions. On colle le second substrat comportant le tricoche nitrure- électrodes-nitrure qui peut avoir une épaisseur totale de l'ordre

de 3 à 10µm, sur les poutres verticales (801) déformables, puis par gravure sélective de la couche sacrificielle de SiO<sub>2</sub> (901) on sépare le second substrat (900) du tricolche nitrure-électrodes-nitrures qui reste collé sur les poutres verticales déformables. On répète les mêmes séquences de procédé, jusqu'à un empilement par exemple de trois niveaux d'électrodes, ce qui avec le premier niveau déposé sur le support (502) constituera un moteur électrostatique à quatre niveaux d'électrodes. Les contacts entre niveau s'effectuent par des via (506) comme ceux de la figure 5C, au travers d'une poutre verticale déformable. Le micro-actionneur décrit sur la figure 8, ayant une surface identique à celle du micro-actionneur de la figure 4A, mais présentant moins de niveau d'électrode, et ayant une séparation entre chaque niveau un peu plus grande, présente une capacité de l'ordre de 25 à 50 pF. La force pour obtenir un même déplacement entre les surfaces (401) et (402) est réduite d'un facteur de l'ordre de 50 par rapport à celle du micro-actionneur de la figure 4, car les poutres (801) présentent une déformation selon la direction de déplacement beaucoup plus grande.

La figure 10 montre un micro-actionneur rotatif, selon l'invention. Il utilise un plan d'électrodes (701), (702), selon la configuration d'électrodes décrite par la figure 7, qui vont générer un couple faisant tourner chaque plan d'électrodes autour d'un pilier central. Les électrodes de même polarité, sont connectées entre elles par un conducteur extérieur et intérieur respectivement. Ces conducteurs sont reliés avec les autres niveaux d'électrodes par des vias (900) pratiqués au travers d'un pilier (1000) de matériau déformable situé au centre du micro-actionneur, comme le montre la figure 11. Cette figure montre les poutres verticales déformables (801) qui maintiennent deux niveaux d'électrodes, le pilier déformable central (1000) au travers duquel les interconnexions entre niveau sont réalisées, et la poutre déformable (1001) formant une ceinture extérieure, qui assure l'étanchéité du micro-actionneur.

## REVENDECATIONS

- 5        1. Micro-actionneur pour mémoire à disque, disposé entre la tête (103) et la suspension (102) animé par un moteur électrostatique, caractérisé en ce que le moteur électrostatique est constitué d'électrodes planes, situées dans des plans parallèles aux surfaces (401) et (402), induisant un déplacement de la surface (402) qui supporte la tête (103), par rapport à la surface (401) en contact avec la suspension (102).
- 10       2. Micro-actionneur pour mémoire à disques, selon la revendication 1, caractérisé en ce que le déplacement de la surface (402) par rapport à la surface (401), est linéaire ou rotatif.
- 15       3. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moteur électrostatique est constitué d'au moins de deux niveaux d'électrodes planes, situés dans deux plans parallèles.
- 20       4. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 1, caractérisé en ce que les plans comportant les électrodes sont maintenus par un matériau déformable (404).
- 25       5. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 4, caractérisé en ce que le matériau déformable (404) constituant le corps du micro-actionneur, est un élastomère du type caoutchouc, latex, silicone, ayant un module d'Young compris entre 0,1 et 100 MPa.
- 30       6. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 4, caractérisé en ce que le matériau constituant le corps du micro-actuateur (404) a la forme de poutres verticales (600), incluant les électrodes (403) ayant une largeur faible par rapport à leur hauteur.
7. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 4, caractérisé en ce que les plans empilés d'électrodes (701), (702) sont séparés et maintenus par des poutres verticales (801), constituée du matériau déformable (404), de largeur étroite par rapport à leur hauteur.

8. Micro-actionneur pour mémoire à disques, selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les électrodes (403), (701), (702) sont dans un milieu étanche protégées par le matériau déformable (404), par rapport à l'environnement extérieur.

5 9. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que électrodes (403) ou les électrodes (701), (702), sont décalées par rapport à celles du niveau supérieur, afin de former un moteur électrostatique qui selon la  
10 polarisation des électrodes, génère un mouvement cumulatif et de même sens d'un niveau d'électrodes à son niveau supérieur.

10. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la capacité du moteur  
15 électrostatique est comprise entre quelques dizaines et quelques centaines de pico-Farads.

11. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon l'une quelconque des revendication 1 à 10, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un  
20 matériau élastique qui absorbe les chocs mécaniques, entre la suspension (102), et la tête (103).

25

30



1/5

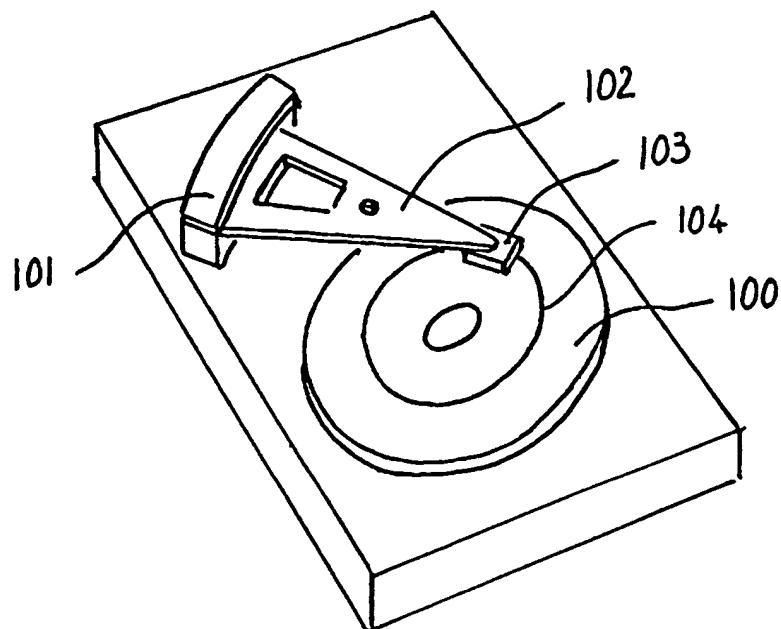


FIG 1

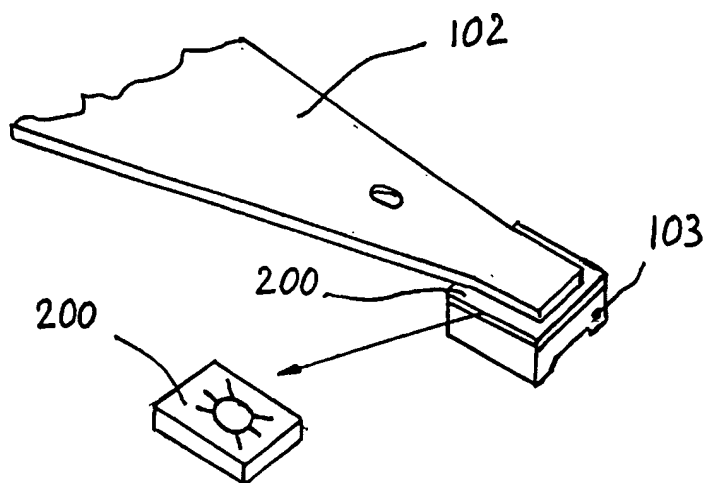
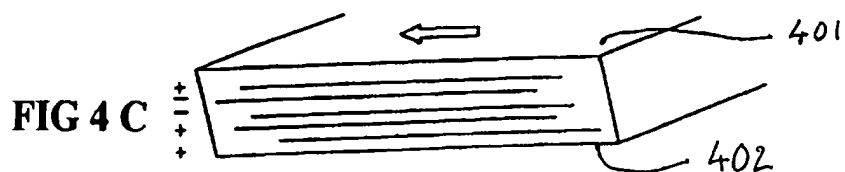
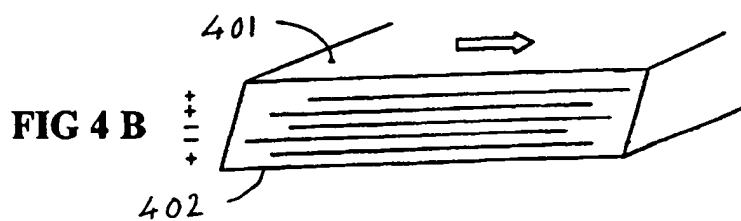
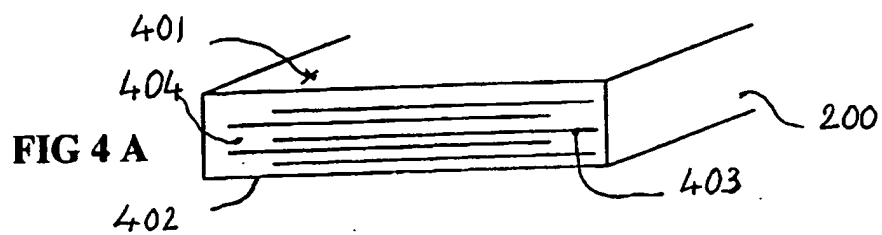
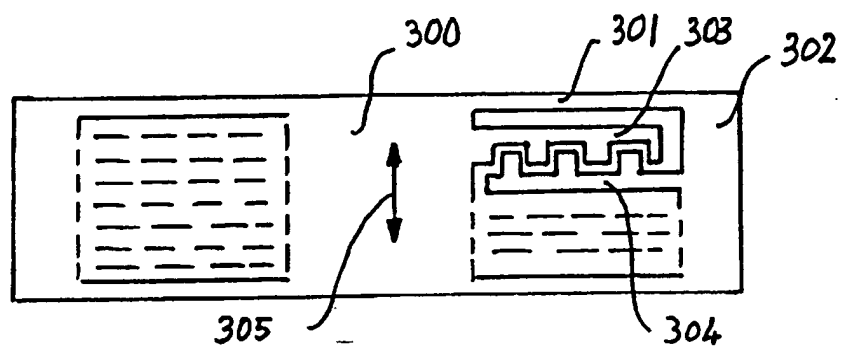


FIG 2

2/5



3/5

FIG 5 A

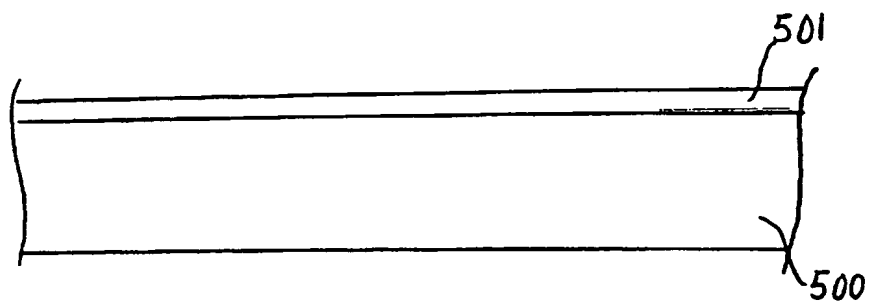


FIG 5 B

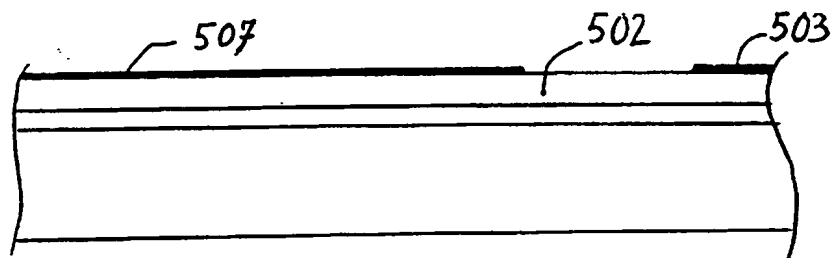
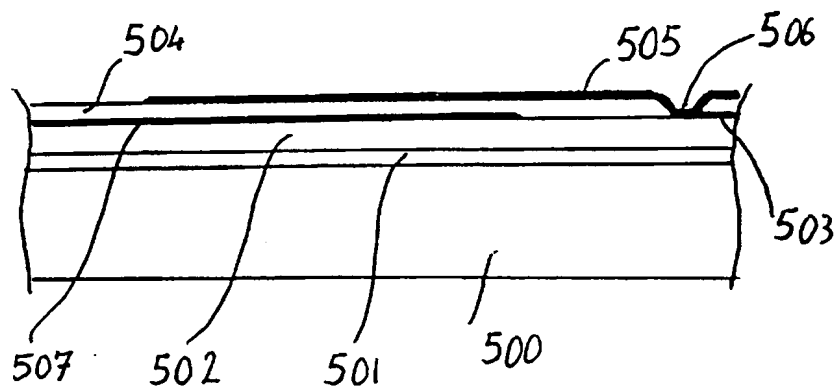
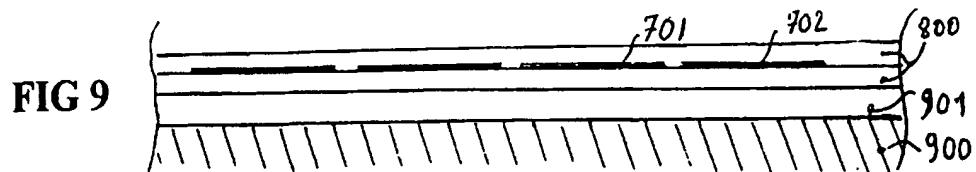
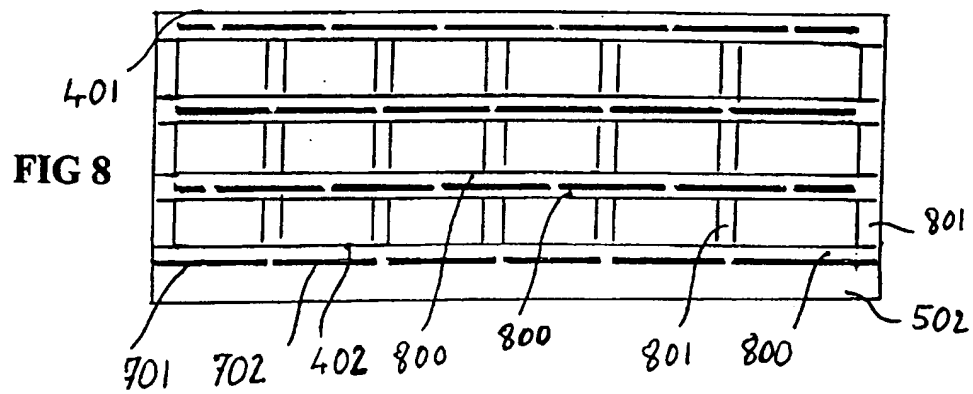
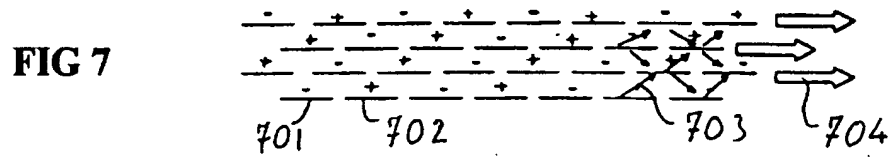
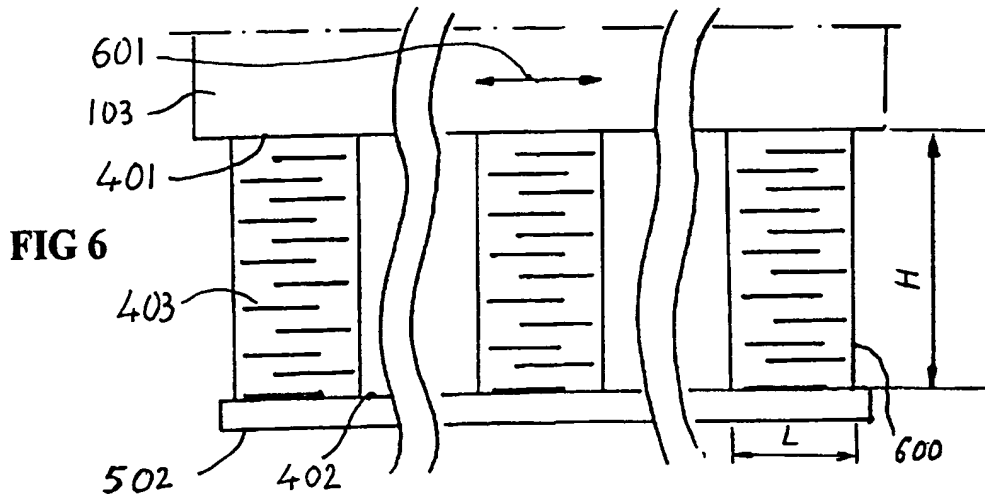
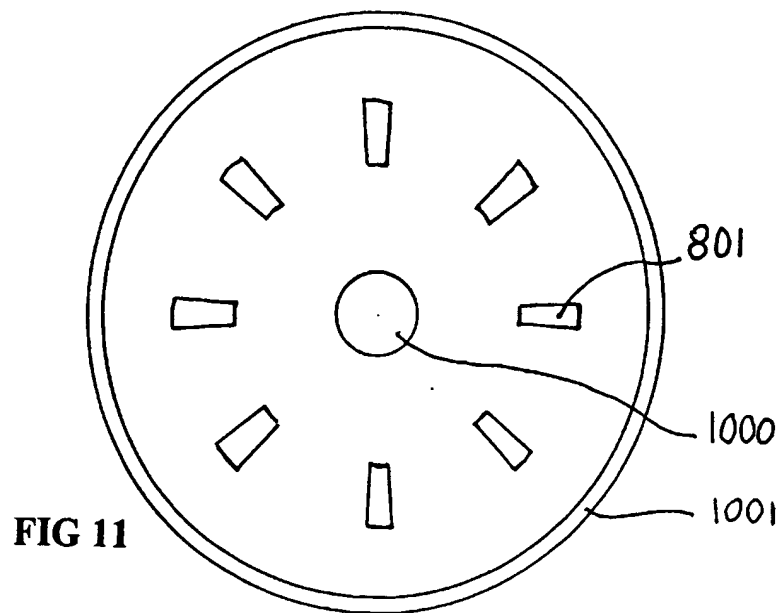
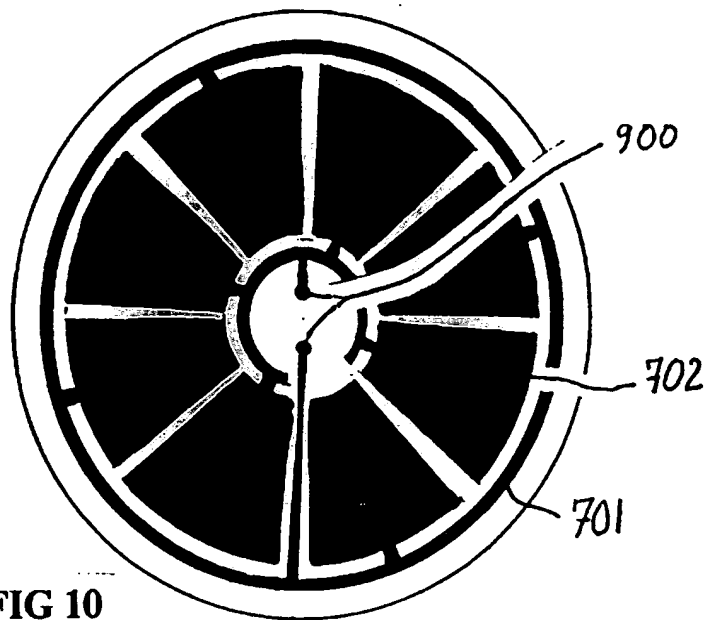


FIG 5 C









**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**